# மின்சாரத்தின் கதை

ஐசக் அஸிமோவ்



தமிழில்

ரங்கராஜன்



## தேய்த்தலும், ஈர்த்தலும்

இப்போதைய துருக்கியின் மேற்கு கடற்கரை ஓரம் இருந்த நாட்டில் 2500 ஆண்டுகளுக்கு முன் மின்சாரத்தின் கதை ஆரம்பமாகிறது. அந்த இடத்தில் மேக்னேசியா என்ற ஒரு நகரம். அங்கு மக்கள் கிரேக்க மொழியில் பேசினார்கள். அங்கு ஒரு ஆடு மேய்க்கும் சிறுவன் ஆடுகளைப் பார்த்து கொண்டிருந்தான் கல்சுவர்கள், தடுப்புகள் ஏறுவதற்கு அவன் இரும்பு நுனியுடன் கூடிய ஒரு கம்பை பயன்படுத்தி வந்தான்.



காந்தக் கல்

ஒருநாள் அவன் ஒரு கல்லின் மேல் தன் இரும்பு நுனியை வைத்தான். அது சிறிது ஒட்டிக்கொண்ட மாதிரி இருந்தது. கல்லில் ஒட்டிக்கொள்ளும் பொருள் ஏதாவது உள்ளதோ என விரலால் தொட்டு பார்த்தான். ஒட்டிக்கொள்ளும்படி ஒன்றும் இல்லை. இரும்பு நுனி மட்டுமே ஒட்டிக்கொண்டது. ஆடு மேய்க்கும் சிறுவன் இந்த கல்லை பற்றி மற்றவர்களிடம் சொன்னான்.

அதே இடத்தில் தேல்ஸ் என்ற அறிஞர் வசித்து வந்தார். மேக்னேசியாவின் கல்லைப் பற்றி கேள்விப்பட்டு அந்த மாதிரி ஒரு கல்லை கொண்டுவர செய்தார். அந்தக் கல் இரும்பு பொருள்களை மட்டுமே ஈர்த்தது. மற்ற எதையுமே அது ஈர்க்கவில்லை. தேல்ஸ் அதை ‘மேக்னெடிக் கல்’ என்று அந்த நகரத்தின் பெயரையே சூட்டினார்.

அதைத்தான் நாம் ஆங்கிலத்தில் மேக்னட் என்றும் தமிழில் காந்தம் என்றும் சொல்கிறோம். ஒரு கல் எப்படி

மற்ற பொருள்களை ஈர்க்க முடியும் என்று தேல்ஸ் வியப்படைந்தார். அது ஏன் இரும்பை மட்டும் ஈர்க்க வேண்டும் என்பதும் புதிராக இருந்தது. மற்ற பொருட்களில் இந்த ஈர்ப்பு சக்தி உள்ளதா என்று தேல்ஸ் ஆராய்ந்தார். அவர் ஆராய்ந்த ஒரு பொருள் தான் "ஆம்பர்" எனப்படும் மரப்பிசின் எனும் பொருள். கிரேக்க மொழியில் அதற்கு "எலக்ட்ரான்" என்று பெயர்.

மரப்பிசின் இரும்பை ஈர்க்கவில்லை ஆனால், அதை தேய்த்தால் ஒரு நறுமணம் வந்தது. தேய்த்தபிறகு அது நூல், பருத்தி, பறவை இறகு, உடைந்த மரத்துண்டு இவைகளை ஈர்த்தது. தேல்ஸ் தாம் செய்த ஆராய்ச்சிகளை எழுதி வைத்தார். அதைப் படித்தவர்கள் அதைப் பற்றி சிந்தித்தனர். காந்தக்கற்கள் பலவிதத்தில் உபயோகமாய் இருந்தன. மாலுமிகள் அதை உபயோகித்தினர். ஒரு இரும்பு ஊசியை காந்தக்கல்லினால் தேய்த்தால் அந்த ஊசியும் காந்த சக்தி பெற்றது. காந்த சக்தி பெற்ற இரும்பு ஊசி இரும்பையும் ஈர்த்தது. அதன் மற்ற உபயோகம் திசை காட்டுதலில் வந்தது. ஒரு காந்த ஊசியை தண்ணீரில் மிதக்க விட்டாலோ அல்லது அது சுதந்திரமாக திரும்புமாறு செய்தாலோ அதன் ஒருமுனை வடதிசையை காட்டியது. இந்த மாதிரி திசை காட்டும் காந்த ஊசியே மாலுமிகள் எந்த திசையில் போகிறோம் என்று கரையே தெரியாத போது கூட அறிய உதவியது. அதை "காம்பஸ்" என்று அழைத்தனர்.

கி.பி.1400-களில் மாலுமிகள் பெருங்கடல்களை கடக்கும் போது திசை காட்ட அவைகளை வெகுவாக உபயோகித்தனர். இந்த காம்பஸ் திசை உதவிக்கருவி இல்லாமல் கொலம்பஸ் 1492-ல் அமெரிக்காவுக்கு போவது வெகு கஷ்டமாய் இருந்திருக்கும். சரி, ஆம்பர் கதை என்ன? அதற்கு காந்தம் போல் அவ்வளவு உபயோகம் இல்லை என்பதால் மக்கள் அதைப்பற்றி வெகுவாக பொருட்படுத்தவில்லை. கி.பி.1570-ல் கில்பர்ட் என்ற ஆங்கிலேயர் காந்தத்துடன் ஆராய்ச்சிகள் செய்தார்.





ஆம்பர் பற்றியும் சிந்தித்தார். அதை தேய்த்தால் அது ஏன் பொருள்களை ஈர்க்கிறது. ஆம்பர் வெகு அழகாய் இருந்ததால் அதை நகை செய்வதற்கு உபயோகித்தனர். மற்ற நகைப் பொருள்களை கில்பர்ட் தேய்த்து அவை பொருள்களை ஈர்க்குமா என்று ஆராய்ந்தார்.

வைரக்கல், நீல வைரக்கல் இவைகளும் ஆம்பர் போல் பொருள்களை ஈர்த்தன. மற்ற சில படிகக்கற்களும் பொருள்களை ஈர்த்தன. ஆம்பர் கிரேக்க மொழியில் எலெக்ட்ரம் என்றும் சொல்லப்பட்டது. அதனால் கில்பர்ட் தேய்த்தால் ஈர்க்கும் ஆம்பர் போன்ற பொருட்களை "எலக்ட்ரிக்ஸ்" என்று பெயரிட்டார். இவைகள் எல்லாவற்றுக்கும் ஆம்பர் போன்ற ஈர்ப்பு சக்தி இருந்தது. ஈர்ப்பு சக்தியை எப்படி கூப்பிடுவது? தேய்த்த பொருட்களிடம் பேப்பர் போன்ற சிறு பொருட்களை ஈர்த்து பிடித்துக் கொள்ளும் ஒரு அதிசய சக்தி எப்படி வந்தது? கி.பி. 1650-ல் வால்டர் சார்லெடான் இதை "மின்சாரம்" (Electricity) என்று பெயரிட்டார்.

இந்த காலத்தில் ஐரோப்பிய மக்களுக்கு இயற்கை சக்திகளின் மேல் ஆர்வம் இருந்தது. ஏன் என்ற கேள்வியுடன் அவர்கள் இயற்கையின் வினோதங்களை ஆராய ஆரம்பித்தனர். ஆம்பரை தேய்த்தால் அதற்கு ஈர்ப்பு சக்தி வருகிறது. வெகு அழுத்தமாக தேய்த்தால் வெகு வலுவான ஈர்ப்பு சக்தி வருமா? ஆம்பரிடம் "எலக்டிரிசிட்டி" மேலும் வலுவாக வருமா? இந்த ஆராய்ச்சியை ஆட்டோ வான் கெரிக் என்ற ஜெர்மன் விஞ்ஞானி செய்தார். அவர் ஆம்பரை வெகு அழுத்தமாக ஒரு துணியை வைத்து தேய்த்தார். அதை விரல்களின் நடுவில் செலுத்திய போது சிறு வெடிப்பு சத்தம் போல் கேட்டது. ஆம்பரை விரல்களின் நடுவில் அழுத்தினால் இருட்டில் ஒரு சிறு வெளிச்சம் தெரிந்தது.

சிறு ஓசையுடன் சிறு வெளிச்சமும் தெரிந்தது. ஆம்பர் என்ற பொருள் எலக்டிரிசிட்டியை வைத்துக் கொள்ள


மரப்பிசினின் (ஆம்பர்) தேய்வு

முடியவில்லையோ? அதனால் அது வெளியே வழிந்ததோ? அதனால் சிறு ஓசையும், வெளிச்சமும் தெரிந்ததோ? ஆம்பர் சிறு வெளிச்சம், சிறு வெடி ஓசை மட்டும் கொடுத்ததால் வான் கெரிக் திருப்தி அடையவில்லை. பெரும் வெளிச்சம், சத்தம் உண்டாக்க பெரிய அளவு ஆம்பர் தேவைப்பட்டது. அதில் அதிக "எலக்டிரிசிட்டி" தங்கும் ஆனால், ஆம்பர் விலை உயர்ந்த பொருளாக இருந்தது. கெரிக் மஞ்சள் கந்தகத்தை (Sulphur) பல சிறு கட்டிகளாக உடைத்து, ஒரு கண்ணாடி குடுவையில் போட்டு சூடாக்கினார்.

கந்தகம் உருகி திரவமாகியது. கெரிக் மேலும் மேலும் கந்தகம் சேர்த்து குடுவை முழுவதும் கந்தக திரவம் இருக்குமாறு செய்தார். அதில் ஒரு மர கைப்பிடி போட்டார். பிறகு கந்தகத்தை ஆறவிட்டார். ஆறிய கந்தகம் குடுவையில் ஒரு பந்தாக மரப்பிடியுடன் இருந்தது. கெரிக் கண்ணாடியை உடைத்து கைப்பிடியுடன் கூடிய கந்தக மஞ்சள் பந்தை எடுத்துக்கொண்டார். அந்த கந்தக பந்தை ஒரு மரப்பெட்டியில் வைத்தார். மர கைப்பிடியால் அந்த பந்தை உருட்ட முடிந்தது. அந்த பந்தை கைப்பிடி கொண்டு உருட்டி இன்னொரு கையால் அதை தேய்த்தார். அது கந்தக பந்தை "எலக்டிரிசிட்டி" (மின்சாரம் என்று இப்போது சொல்கிறோம்) கொண்டு நிறைத்தது. அதுவரை யாருமே அவ்வளவு மின்சாரத்தை சேகரித்தது இல்லை. மின்சாரம் சேகரித்த கந்தக பந்து சிறு வெடி சத்தம், சிறு வெளிச்சம் இரண்டும் செய்தது. ஒளி பகல் வேளையிலும் பார்க்கும் அளவுக்கு வெளிச்சமாக இருந்தது. கெரிக் முதன் முதலில் "மின்சாரம்" செய்வதற்கு "தேய்க்கும் இயந்திரம்" செய்தவர் ஆவார்.



# கடத்தும் மற்றும் கடத்தாதப் பொருள்கள்

கெரிக்கின் சோதனைக்குப் பிறகு மக்களுக்கு மின்சாரத்தின் மேல் ஆர்வம் வந்து அதை பற்றி அறிய ஆரம்பித்தார்கள். ஸ்டீபன் கிரே என்ற ஆங்கிலேயர் தானும் சில சோதனைகளை மேற்கொண்டார். அவர் கண்ணாடியை 'மின்' (Electric) ஆராய்ச்சிக்கு பயன்படுத்தினார் அது பெரிய அளவிலும் மலிவாகவும் கிடைத்தது. கெரிக்குக்கு கண்ணாடி ஒரு நல்ல 'மின்பொருள்' என்று தெரிந்து இருந்தால் அவர் அதை உடைத்து இருக்க மாட்டார். கண்ணாடியை உபயோகித்து கந்தகத்தை தவிர்த்து இருப்பார். கிரே ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு காலி கண்ணாடிக் குழாயை தேய்த்தார். அது இறகுகளை ஈர்த்தது. தேய்க்கல் மின்சாரம் அதில் ஏறி இருந்தது.

கண்ணாடிக் குழாய் இரண்டு முனைகளிலும் திறந்து இருந்ததால் தூசி முதலியவை அவருடைய சோதனையை கெடுக்கும் என்ற கிரே எண்ணினார். அதனால் இருமுனைகளிலும் கார்க் (தக்கை) கொண்டு அடைத்தார். என்ன ஆச்சரியம் தக்கையும் இறகுகளை ஈர்த்தது. ஆனால் தக்கையை கிரே தேய்க்கவே இல்லை. கண்ணாடி குழாயின் மின்சாரம் தக்கைக்கும் பரவியது. இது முடியுமா? மின்சாரம் பரவி, செல்ல முடியுமா? இதை ஆராய கிரே மேலும் பல சோதனைகளை மேற்கொண்டார் கிரே ஒரு 10 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு குச்சியை எடுத்துக் கொண்டார். அதை தக்கையில் சொருகி கண்ணாடிக்குழாயின் ஒருபக்க முனையில் நுழைத்தார்.

குச்சியின் இன்னொரு முனையில் தந்தத்தில் செய்த ஒரு பந்தை பொருத்தினார். இப்பொழுது அவர் கவனமாக

கண்ணாடியை மட்டும் உரசினார். தக்கையையோ, குச்சியையோ தந்த பந்தையோ அவர் தொடவில்லை. ஆனால், இறகுகள் மறுபடியும் தந்த பந்தால் ஈர்க்கப்பட்டன. சந்தேகமே இல்லாமல் மின்சாரம் பரவியது. இதே மின்சாரத்தை தண்ணீரும், காற்றையும் கண்ணாடி குழாய் வழியாக செலுத்தி உற்பத்தி செய்ய முடியும். அதற்கு இயக்கவியல் என்று அர்த்தம். இந்த இயக்கவியல் வாயுக்களிலும் திரவங்களிலும் ஏற்படுத்தலாம். அதற்கு Fluid (திரவ இயக்கவியல்) என்று லத்தீன் வார்த்தையால் அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே கிரே மின்சாரம் அனைத்து இயக்கவியல்களிலும் மின்சாரம் பரவுவதை காண்பித்த பிறகு தான் மக்கள் அதை மின்திரவ இயக்கவியல் என்று சொல்ல ஆரம்பித்தனர்.



கிரேவின் பரிசோதனை

அடுத்தது அது எவ்வளவு தூரம் பாயும் என கிரே கண்டுபிடிக்க விரும்பினர். தந்த பந்தை ஒரு நூலால் கட்டி தக்கையில் இருந்து தொங்கவிட்டார். கண்ணாடிக் குழாயைத் தேய்த்த போது தந்த பந்து இறகுகளை மீண்டும் ஈர்த்தது. கிரே மேலும் மேலும் நீளமான நூல்களை உபயோகித்து அதன் முனையில் தந்த பந்தை தொங்க வைத்து பார்த்தார். 9 மீட்டர் நீளமான நூலை உபயோகப்படுத்தினார். அதற்கு மேலும் நீளம் வேண்டுமென்பதால் அவர் வீட்டின் கூரை மேல் நின்று நூலை தொங்க விட வேண்டி வந்தது. அதனால் தொழிற்சாலையின் கூரையில் பல ஆணிகள் அடித்து நூலை அங்கும் இங்குமாக மாட்டி விட்டார். இந்த மாதிரி

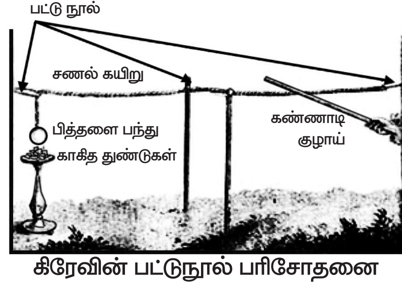




அவர் 100 மீட்டர்கள் நூலை முன்னும் பின்னுமாக மாட்டி விட்டார். ஒரு முனையில் தந்த பந்தையும் இன்னொரு முனையில் கண்ணாடிக் குழாயையும் தொங்கவிட்டார். ஆனால், இப்போது தந்த பந்து இறகுகளை ஈர்க்கவில்லை. வெகு நேரம் கண்ணாடிக் குழாயை தேய்த்தாலும் ஈர்ப்பு சக்தி வரவில்லை. மின்சாரம் பாய்வதும், செல்வதும் நின்றுவிட்டது.

நூலின் நீளம் மிக அதிகமோ? அதனால் மின்சாரம் பாய்வதற்கு முடியாத அளவை நூல் எட்டி விட்டதா? இருக்க முடியாது. ஏன் என்றால் கண்ணாடிக் குழாய் கூட ஈர்க்கவில்லை. கண்ணாடிக் குழாயை எவ்வளவு நேரம் தேய்த்தாலும் இறகுகளை ஈர்க்கவில்லை. மின்சாரம் பாய்வது எதனலோ நின்று விட்டது. ஏதோ ஒரு காரணத்தினால் அவர் செய்த சோதனையை ஏதோ ஒன்று கெடுத்துவிட்டது. அது எதுவாக இருக்கும்? முதல் சோதனையில் நூல் வெறுமனே தொங்கிக் கொண்டிருந்தது. இப்போது அது ஆணியில் மாட்டப்பட்டிருந்தது. ஆணி வழியாக மின்சாரம் வீட்டின் கூரை வழியாக வெளியே சென்றுவிட்டதோ? ஆணிகள் தடித்து இருந்தால் மின்சாரம் அதன் வழியாக வெளியே சென்று விட்டதோ. அதற்கு பதிலாக மெலிதான ஒரு பொருளை உபயோகித்தால் மின்சாரம் பாயுமோ? கிரேயிடம் மெலிதான பட்டு நூல் இருந்தது.

மெலிதான ஆனால், உறுதியான பட்டு நூலை கிரே ஒவ்வொரு ஆணியிலும் கட்டினார். பட்டு நூலின் மறு நுனியை தந்த பந்தை தொங்க விட்டிருந்த நூலில் கட்டினார். இப்போது மின்சாரம் மெலிதான பட்டு நூல் வழியே தான் ஆணிகளை அடைய வேண்டும். மெலிதான நூல் வழியே மின்சாரம் ஆணிக்கு போக முடியாவிட்டால் பட்டு நூலில் மின்சாரம் தங்கிவிடும்.



கிரேவின் பட்டுநூல் பரிசோதனை

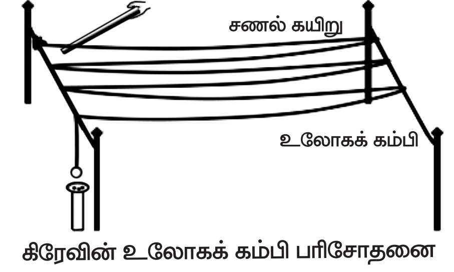
ஆனால் சோதனை வெற்றி அடைந்தது. மின்சாரம் 30 மீட்டர் நூல் வழியாக ஒரு முனையில் இருந்து மறுமுனைக்கு பாய்ந்தது. நூல் முனையில் கண்ணாடி குழாயை தேய்த்தால் மறுபடியும் அது இறகுகளை ஈர்த்தது. கிரே மேலும் மேலும் நீளமான பட்டு நூலை உபயோகித்தார். கடைசியில் நூல் வெகு கனமாகவே பட்டு நூல் அறுந்துவிட்டது. மெல்லிய பட்டு நூலுக்கு பதிலாக பித்தளை கம்பியை உபயோகித்து பார்த்தார். ஆனால், மின்சாரம் பாயவில்லை. மின்சாரம் பித்தளை கம்பி வழியாக வெளியே போய் விட்டதோ? நூல் அல்லது பித்தளை கம்பி எவ்வளவு மெலிது என்பதை விட அது எதனால் செய்யப்பட்டது என்பது முக்கியம் என்பதை கிரே உணர்ந்தார். அவர் மேலும் பல சோதனைகள் செய்து உலோக கம்பிகள் மின்சாரத்தை எளிதில் கடத்தின என கண்டுபிடித்தார். அதனால் உலோகம் அல்லது மின்சாரத்தை எளிதாக கடத்தும் பொருள்களுக்கு அவர் 'கடத்திகள்' அல்லது 'எளிதில் கடத்திகள்' என்று பெயரிட்டார்.

பட்டு நூலில் மின்சாரத்தை எளிதில் கடத்தாதவைகளுக்கு "அரிதில் கடத்திகள்" அல்லது "கடத்தாதவைகள்" என்று பெயரிட்டார். மரப்பிசின், கந்தகம் இவைகளை உரசினால் ஏன் மின்சாரம் தன்மை பெற்றன என்று கிரேவுக்கு புரிய ஆரம்பித்தது. அரிதில் கடத்திகள் மின்சாரத்தை கடத்த முடியவில்லை. ஆதலால் உரசலினால் ஏற்பட்ட மின் தன்மை எங்கும் போக முடியாமல் அதிலேயே தங்கிவிட்டது. உலோகம் போன்ற எளிதில்





கடத்திகளை உரசினால் அதை தொட்ட எந்த பொருளுக்கும் மின்சாரம் பாய்ந்தது. கடத்திகள் அரிதில் கடத்திகளை தொட்டால் மின்சாரம் கடத்திகளுக்கு வந்து விட்டது.



கிரேவின் உலோகக் கம்பி பரிசோதனை

கி.பி 1731-ல் கிரே தமது இந்த தத்துவத்தை சோதனை செய்தார். ஆம்பர் போன்ற மரப்பிசின் கட்டி மேல் உலோக கட்டிகளை வைத்தார். ஒரு பட்டு கைக்குட்டையினால் உலோகத்தை உரசினார். பட்டு, மரப்பிசின், காற்று இவைகள் தான் உலோகத்தை தொட்டன. அவை எல்லாமே அரிதில் கடத்திகள். உலோகத்தை உரசினதும் மின்சாரம் உண்டு பண்ணியது. ஆனால், மின்சாரம் தப்பித்து செல்ல முடியவில்லை. ஏன் என்றால் உலோகத்தை தொட்டுக் கொண்டிருந்த பொருள்கள் எல்லாமே அரிதில் கடத்திகள். இப்போது உலோகம் இறகுகளை ஈர்த்தது. மின்சாரம் அதில் தங்கிவிட்டது. கிரே ஒரு சிறுவனை



உறுதியான பட்டுநூலை கொண்டு கூரையின் உட்புறத்திலிருந்து தொங்கவிட்டார். அவன் கைகளை பட்டைக் கொண்டு உரசினார். சிறிது நேரம் கழித்து இறகுகள் சிறுவனையும் அவனின் துணிளையும் ஈர்த்தது. இப்போது கிரே தன் ஆராய்ச்சி மூலம் மின் திரவ இயக்கத்தினால் எதை உரசினாலும் மின்சாரத்தன்மை வரும் என்று நிரூபித்து விட்டார்.

# திரவங்கள் மற்றும் குடுவைகள்

கிரேயின் பரிசோதனைகளின் செய்தி ஐரோப்பாவின் மற்ற பகுதிகளுக்கு பரவியது, பிரான்ஸ் நாட்டில் சார்லஸ் பிரான்சில் டு பே என்ற பிரஞ்சுக்காரர் தானே சில சோதனைகளை செய்ய ஆரம்பித்தார். 1733-ம் வருடம் டு பே ஒரு தக்கையை எடுத்து அதை மெல்லிய தங்கத்தால் பூசினார். அந்த தக்கையை மேலிருந்து ஒரு பட்டு நூலால் தொங்கவிட்டார். தக்கையை ஒரு மின்சாரம் பாய்ச்சப்பட்ட உலோகத்தால் செய்யப்பட்ட கம்பியால் தொட்டால் தக்கையின் தங்க முலாம் பகுதி முழுவதும் மின்சாரம் பரவியது தக்கை நல்ல கடத்தி என்பதால் இது நடந்தது. கடத்தியையும் தங்க முலாமையும் பட்டு நூல் மட்டும் தான் தொட்டது. அதனால் மின்சாரம் அதிலிருந்து தப்பிக்க இயலவில்லை.மின்சாரம் தக்கையில் இருந்து போக வேண்டுமென்றால் தக்கையை ஒரு உலோகத்தால் தொட்டால் போதும்.

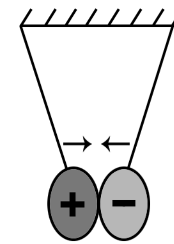
மின்சாரம் உடனே தக்கையில் இருந்து வெளியேறியது. டு பே இன்னொரு தக்கையை இதே மாதிரி மின்சாரப்படுத்தி அதையும் ஒரு பட்டு நூலால் மேலிருந்து தொங்கவிட்டார். இப்போது இரண்டு பட்டு நூல்கள் ஒரு இடைவெளியில் தொங்கின. இரண்டு தக்கைகளும் காற்றினால் அலையாமல் நேராக தொங்கின. டு பே யின் எண்ணம் ஒரு தக்கையை மின்சாரப் படுத்தினால் அது மற்ற தக்கையை தன்பால் இழுக்கும். அவர் நினைத்தபடியே நடந்தது. அவர் ஒரு கண்ணாடிக் குச்சியை பட்டினால் உரசினார். அது மின்சார மயமானது. அதனை தக்கையில் தொட்டார். மின்சாரம் தக்கைக்கு பரவியது.மின்சாரப் படுத்திய தக்கை மின்சாரப் படுத்தாத தக்கையை இழுத்தது. நேராக தொங்காமல்



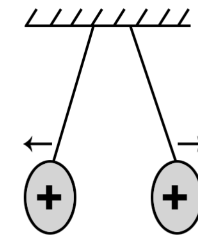


பட்டு நூல்கள் ஒன்றையொன்று நோக்கி ஆடின. மின்சாரம் அவைகளை ஈர்த்தது ஒன்றையொன்று நோக்கி நகர்ந்தன. இரண்டு தக்கைகளுமே மின்சார படுத்தினால் அவைகளின் ஈர்ப்பு இரண்டு மடங்காக வேண்டும் இல்லையா? பட்டு நூல் தொங்கும் கோணம் அதிகமாகும். டு பே அந்த முயற்சியை செய்தார்.

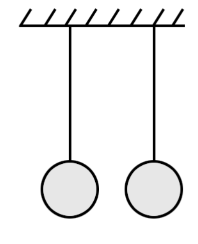
ஆனால், இரண்டு தக்கைகளை மின்சாரப் படுத்தினாலும் ஈர்ப்பு சக்தி மாறவில்லை. ஆச்சரியம்! ஈர்ப்பு இரண்டு மடங்கு ஆவதற்கு பதில் அவை ஒன்றையொன்று தள்ளின! ஈர்ப்பு மறுப்பாக மாறி-விட்டது. இது எப்படி? மின்சாரம் இப்படிதான் குணம் கொண்டதா? அல்லது உபயோகப்படுத்திய பொருள்களில் ஏதாவது தவறு ஏற்பட்டதா?அவர் உபயோகப்படுத்திய பொருள்களை மாற்றிப் பார்த்தார். ரெஸின், உல்லன் நூல் உபயோகப்படுத்தினார். மறுப்பு மறுபடியும் ஏற்பட்டது. டு பே ஒரு கண்ணாடிக் குச்சியை பட்டு நூலால் உரசி மின்சார மயமாக்கினார். அதை தக்கையில் தொட்டார். பிறகு ரெஸின் குச்சியை பட்டினால் உரசி அதனால் இன்னொரு தக்கையை தொட்டார். இப்போது மறுபடியும் அவை ஈர்ப்பு சக்தி காண்பித்தன. மின்சார மயமான தக்கைகளும் மீண்டும் ஈர்த்தன.



ஈர்ப்பு



விலக்குதல்


நடுநிலை

இரண்டு வகையான மின்சாரங்கள் இருக்க வேண்டும் என்ற முடிவுக்கு டூ பே வந்தார். கண்ணாடித் தேய்வு மின்சாரம் ஒரு ரகம், ரெஸின் தேய்வு மின்சாரம் இன்னொரு வகை. ஒரே வகையான மின்சாரம் ஒன்றையொன்று விலக்கியது. வேறு வகையான மின்சாரம் ஒன்றையொன்று ஈர்த்தது. இதை மேலும் டூ பே ஆராய்ந்தார். மின்சாரமாக்கப்பட்ட கண்ணாடிக் குச்சியினால் தக்கையை தொட்டார். தக்கை இப்போது மின்சார மயமானது. கண்ணாடியை மெல்ல மெல்ல தக்கையிடம் கொண்டுவந்தார். தக்கையும் கண்ணாடியும் ஒரே வகை மின்சாரம் கொண்டிருந்தன. அதனால் ஒன்றையொன்று விலக்கின. தக்கையை ரெஸின் கொண்டு மின்சார மயமாக்கினால் எப்போதும் எதிர் மாறாக நடந்தது. ரெஸின் அதை விலக்கியது, கண்ணாடி அதை ஈர்த்தது. டூ பே வேறு பல பொருட்களை உபயோகித்து சோதனைகளை செய்தார்.

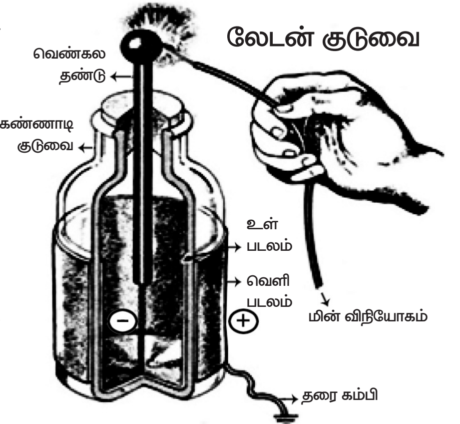
எல்லாப் பொருட்களும் இரண்டு வகை மின்சார மயமாக்கல் படியே நடந்தன. கண்ணாடியால் மின்சார மயமாக்கப்பட்டால் அது கண்ணாடியை விலக்கியது. ரெஸின் மூலம் மின்சார மயமாக்கினால் அது ரெஸினை விலக்கியது. இரண்டு வகை மின்சாரம் மட்டும் தான் மூன்றாவதாக ஒன்றுமில்லை. மற்ற சோதனையாளர்கள் சிறு சிறு பொருட்களை மின்சார மயமாக்கும் முறையை கண்டுபிடித்தனர். 1745 வருட காலகட்டத்தில் உலோக முலாம் பூசப்பட்ட கண்ணாடிக் குடுவையை உபயோகித்து மின்சார சோதனைகளை தொடர்ந்தனர். கண்ணாடிக் குடுவையின் வாயில் ஒரு தக்கை வைக்கப்பட்டது. உலோக கம்பியும் உலோக சங்கிலியும் உள்ளே இருந்த உலோக முலாமை தொடுமாறு இருந்தன. மின்சார மயமாக்கப்பட்ட ஒரு கம்பியை குடுவையில் இருந்த உலோக கம்பியை தொடுமாறு செய்தால் மின்சாரம் குடுவைக்குள் போகும். ஆனால், மின்சாரம் அதிலிருந்து வெளியேற முடியாது.





கண்ணாடியும் தக்கையும் அரிதில் கடத்திகள் என்பதால் மின்சாரம் வெளியேற முடியாது. கண்ணாடி கம்பியை மறுபடியும் மின்சார மயமாக்கினால் மேலும் மின்சாரம் குடுவையில் பாயும். இதை மேலும் மேலும் செய்தால் கண்ணாடிக் குடுவையில் அடர்த்தியாக மின்சாரம் இருக்கும். இந்த மாதிரி கண்ணாடிக் குடுவையில் மின்சாரத்தை ஆராய்ச்சி செய்தவர், ஹாலந்து நாட்டு ஆராய்ச்சியாளர் பீட்டர். அவர் ஹாலந்து நாட்டின் லேடன் பல்கலைகழகத்தில் வேலை செய்தார். அதனால் அந்த குடுவை லேடன் குடுவை என்ற பெயர் பெற்றது. குடுவையில் மேலும் மேலும் மின்சாரம் செலுத்தினால் மின்சாரம் வெளியே பாய முயற்சி செய்யும் பெட்டியில் துணி அடைப்பது போல் மேலும் மேலும் துணி அடைப்பது பெட்டியை மூடுவதற்கு தடை செய்யும். அழுத்தி மூடினால் ஒரு சமயம் பெட்டி மூடி திடீரென்று திறந்து கொள்ளலாம். அப்படி மூடி திறந்தால் சில துணிகள் வெளியே வரும்.

லேடன் குடுவையும் அதே மாதிரி மின்சாரத்தை வெளியே தள்ளலாம் என்று எண்ணம் வந்தது. முதலில் லேடன் குடுவை ஆராய்ச்சி செய்தவர்கள் அதை முழுவதுமாக மின்சார மயமாக்கினால் அது ஆபத்தானது என்று அறிந்தார்கள். கவனக்குறைவாக அந்த உலோக கம்பியை தொட்டால் அதன் வழியாக மின்சாரம் வெளியே பாய்ந்து அதை



தொட்ட கையில் பாய்ந்தது. ஆராய்ச்சியாளர் பீட்டர் முதலில் இதை அறியாமல் மின்சாரம் முழுவதும் பாய்ச்சப்பட்ட லேடன் குடுவையை தொட்டார். மின்சாரம் அவரை தூக்கி எறிந்தது. இரண்டு நாட்கள் அவர் படுக்கையில் இருக்க வேண்டி இருந்தது. அதற்கு பிறகு அவர் லேடன் குடுவையை வெகு கவனமாக உபயோகித்தார். லேடன் குடுவையில் இருந்து வேறு வகையில் மின்சாரம் பாயும் போது என்ன நடக்கிறது என்பதை மக்கள் பார்க்க முடிந்தது.

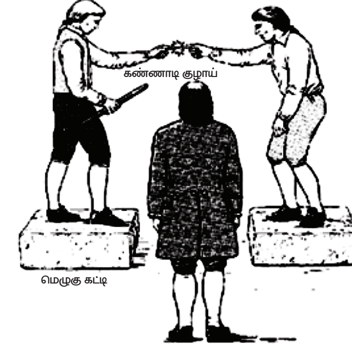
லேடன் குடுவை மெலிதான கம்பிகள் வழியாக மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால் கம்பிகள் சூடாகி உருகின. தொடாமலே மின்சாரம் பாயுமா? லேடன் குடுவையை ஒரு உலோகக் கம்பி பக்கத்தில் மெல்ல கொண்டு வந்தால் குடுவைக்கும் கம்பிக்கும் நடுவில் அரிதில் கடத்தியான காற்று இருந்தது. ஆனால், காற்று இருக்கும் அகலம் குறைய குறைய அதன் கடத்தாத சக்தி குறைந்தது. அதாவது மெல்லிய காற்று பாலம் மின்சாரம் பாயும் எதிர்ப்பு சக்தியை வெகு குறைவான அளவே கொண்டுள்ளது. மிக மிக அருகில் வந்தால் மின்சாரம் காற்று பாலத்தில் தடுக்கப்படுவதில்லை மின்சாரம் காற்று வழியாகவும் பரவுகிறது. இது மாதிரி லேடன் குடுவை மின்சாரம் காற்றின் கடத்தாத சக்தியை மீறி பாயும் பொழுது மின்சாரம் காற்றை சூடாக்குகிறது. இந்த சூட்டினால் காற்று ஜொலிக்கிறது. சூடாக்கப்பட்ட காற்று விரிவடைகிறது, மீண்டும் அருகே வரும் பொழுது ஒரு சிறு வெடிப்பு சப்தம் போல் செய்கிறது. லேடன் குடுவை மின்சாரத்தை இவ்வாறு காற்று வழியாக செலுத்தும் போது ஒரு சிறு வெடிப்பும், ஒரு பொறியும் ஏற்படுகின்றன.



# நேர் மின்னூட்டம் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டம்

மின்சார சோதனைகளின் செய்தி அட்லாண்டிக் தாண்டி அமெரிக்காவை அடைந்தது. பென்சில்வேனியா என்ற இடத்தில் *1747*-ஆம் வருடம் பெஞ்சமின் பிராங்களின் என்ற அமெரிக்கர் ஒரு லேடன் குடுவையை பெற்றார்.

மெழுகுக் கட்டியின் மேல் மனிதர்களை நிற்கவைத்து பெஞ்சமின் பிராங்களின் மேற்கொண்ட பரிசோதனை




எங்கிருந்து மின்சாரம் வருகிறது என்பது அவருக்கு வியப்பு ஊட்டியது. கண்ணாடியை உரசினால் மின்சாரம் நிரம்புகிறது. அது உரசின கையில் இருந்து வந்ததா? கைக்கு எங்கிருந்து மின்சாரம் வந்தது? பூமியிலிருந்தா? பிராங்களின் இதை சோதிக்க விரும்பினார். ஒரு பெரிய மெழுகுக் கட்டியின் மேல் ஒரு மனிதனை நிறுத்தினார். மெழுகு மின்சாரம் அரிதில் கடத்தி. அதனால் அந்த மனிதன் எதையும் தொடாமல் (மெழுகு, காற்று தவிர) இருந்தால் மின்சாரம் பாய வழி இல்லை. மெழுகு கட்டி மேல் நின்ற மனிதன் ஒரு கண்ணாடி குழாய் எடுத்து உரசினான். கண்ணாடி மின்சாரம் பெற்றது.

சிறு பொருட்களை ஈர்த்தது. எப்படி மின்சாரம் வந்தது. மனிதனிடம் இருந்துதான் வந்திருக்க வேண்டும். மனிதனிடம் முதலிலேயே மின்சாரம் இருந்து இருக்க வேண்டும். அவன் கண்ணாடியை உரசின பொழுது அவனிடம் இருந்து மின்சாரம் கண்ணாடிக்கு போய் இருக்க வேண்டும். அதன் விளைவு என்ன? பிராங்களின் மேலும் சோதனையைத் தொடர்ந்தார். மற்றொரு மெழுகுக் கட்டி

மேல் மற்றும் ஒரு மனிதனை நிறுத்தினார். முதல் மனிதன் அந்த இரண்டாவது மனிதனை மின்சாரமயமாக்கப்பட்ட கண்ணாடியால் தொட்டான். முதல் மனிதனிடம் இருந்து இரண்டாவது மனிதனிடம் மின்சாரம் பாய்ந்தது இரண்டாவது மனிதனிடம் மின்சாரம் வந்தது இறகுகள் அவனிடம் ஈர்க்கபட்டன. இரண்டாவது மனிதன் அவன் விரலை ஒரு கடத்தி அருகில் கொண்டு போனான்.

ஒரு பொறியுடன் மின்சாரம் வெளியேறியது. இரண்டாவது மனிதன் மின்சாரம் இழந்துவிட்டான். ஆனால், மின்சாரத்தை இழந்த முதல் மனிதனின் நிலை என்ன? அவனிடம் மின்சாரம் பாய்ந்திருந்தது அவனும் இறகுகளை ஈர்த்தான். அவனையும் மின்சாரம் இழக்க செய்ய முடியும். ஒரு பொறியுடன் அது நடக்கும். இந்த இரண்டு மனிதர்களும் இரண்டு வகை மின்சாரம் கொண்டிருந்தார்கள். கண்ணாடியால் மின்சாரம் பாய்ச்சப்பட்ட மனிதன் கண்ணாடி மின்சாரம் என்று டூபே சொன்னது போல் ஒரு வகை முதல் மனிதன் கோந்து, மரப்பிசின், மின்சாரம் கொண்டிருந்தான். இதை எந்த வகை என்பதை சிறு தக்கை கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரு வகை ஈர்க்கும் மற்றது தவிர்த்து தள்ளும். பிராங்களின் இதை இப்படி எண்ணினார். எல்லா பொருட்களும் ஒரே அளவு மின்சக்தி கொண்டுள்ளது. ஆனால் மின்சாரம் இருப்பதை காண்பிப்பதில்லை. எதையும் ஈர்ப்பதில்லை.

உரசுவதனால் மின்சாரம் ஒரு பொருளில் ஏற்றப்படுகிறது அல்லது பிரிக்கப்படுகிறது. இதற்கு பிறகு தேய்க்கப்பட்ட பொருள் கொஞ்சம் குறைவான மின்சாரம் அல்லது கொஞ்சம் அதிகமான மின்சாரம் பெறுகிறது. ஆனால் இரண்டு வகையிலும் அது மின்சாரம் பாய்ந்தது போல் காண்பிக்கிறது அதிகமான மின்சாரம் ஏற்றப்பட்டதை நேர் மின்னூட்டம் என்றும் மின்சாரம் நீக்கி குறைந்த மின்சாரம் ஏற்றப்பட்டதை எதிர் மின்னூட்டம் என்றும் அவர் பெயரிட்டார். நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட இரண்டு பொருள்கள் ஒன்றை ஒன்று தவிர்க்கும் இரண்டு





பொருள்களிடம் சமநிலை மின்சாரத்தை விட அதிக அளவு மின்சாரம் இருந்ததால் அவைகள் மேலும் மின்சாரத்தை ஏற்க வில்லை தவிர்த்தன. எதிர் மின்னூட்டம் உள்ள இரண்டு பொருட்களும் ஒன்றை ஒன்று தவிர்த்தன. ஏன் என்றால் அவைகளிடம் குறைந்த அளவே மின்சாரம் இருப்பதால் அவைகள் மின்சாரத்தை மற்றொரு பொருளுக்கு கொடுக்க முடியவில்லை. அவை ஒன்றை ஒன்று தவிர்க்கின்றன.

ஆனால், ஒரு நேர்மறை மற்றும் எதிர்மறை இருந்தால் நடப்பது முற்றிலும் வேறு. அதிக மின்சாரம் உள்ள நேர்மறை பொருள் குறைந்த மின்சாரம் உள்ள எதிர்மறை பொருளுக்கு மின்சாரத்தை கொடுக்க முடியும். இதனால் நேர் மின்னூட்டப் பொருளும், எதிர் மின்னூட்டப் பொருளும் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கின்றன. அவைகள் ஒன்றை ஒன்று தொட்டால் நேர் மின்னூட்டப் பொருள் மின்சாரத்தை எதிர் மின்னூட்டப் பொருளுக்கு பாய்ச்சுகிறது. இது நடந்து முடிந்தபின் இரண்டு பொருள்களும் மின்சாரம் இல்லாத சாதாரண நிலையை அடைகின்றன. எதிர்மறை மின்சாரங்கள் தொட்டவுடன் மின்சாரம் இல்லாத சமநிலைக்கு வந்துவிடுகின்றன.

பிராங்கிளின் இதையும் சோதித்தார். ஒரு மனிதன் கண்ணாடியை உரசி அந்த கண்ணாடிக் குழாயால் இன்னொரு மனிதனை தொட வைத்தார். இப்பொழுது ஒரு மனிதனிடம் அதிக மின்சாரமும் மற்ற மனிதனிடம் மிக குறைவான மின்சாரமும் இருந்தது. இருவரிடமும் மின்சாரம் இருந்தது ஒன்று நேர் மின்னூட்டம் மற்றது எதிர் மின்னூட்டம். பிராங்கிளின் அவர்களை கையை நீட்டி தத்தம் விரல்களை மிக அருகே கொண்டுவரச் செய்தார். இப்பொழுது மின்சாரம் ஒரு பொறியுடன் ஒரு மனிதனிடம் இருந்து அடுத்த மனிதனுக்கு தாவியது. அவர்கள் விரல்கள் குறுகுறுத்தன இதன்பிறகு அவர்கள் இரண்டு பேரிடமும் மின்சார 'சார்ஜ்' இல்லை. அடுத்த கேள்வி எது பாஸிடிவ் (நேர்மறை) மின்சாரம் எது நெகடிவ் (எதிர்மறை) மின்சாரம்? கண்ணாடியை பட்டு துணியால்

உரசியபோது கண்ணாடி சாதாரணமானதை விட அதிக மின்சாரம் பெற்றதா? அல்லது குறைவாக பெற்றதா?

பிராங்கிளினால் சரியாக சொல்ல முடியவில்லை. அதனால் அவர் ஒரு ஊகம் செய்தார். கண்ணாடி குழாய் சமநிலையிலிருந்து குறைவான மின்சாரம் கொண்டிருந்தது. அதனால் அது நெகடிவ் (எதிர்மறை) மின்சார சார்ஜ் கொண்டது. மரப்பிசின், கோந்து கோலானது நேர்மறை (பாஸிடிவ்) மின்சார சார்ஜ் கொண்டிருந்தது. இவைகளை ஆதாரமாக கொண்டு மற்ற எல்லாப் பொருட்களையும் இவைகளுடன் ஒப்பிட்டு நேர், எதிர் என்று பாகுபடுத்தினார். பல வருடங்களுக்கு பிறகு பிராங்கிளின் ஊகம் தவறு என்று விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடித்தனர். கண்ணாடிக் கோல் அதிக மின்சாரமும் மரப்பிசின், கோந்து கோல் குறைவான மின்சாரமும் கொண்டிருந்தது. இந்த தவறு பிராங்கிளின் கொள்கையை தவறு ஆக்கவில்லை அதாவது இரண்டு வகையான மின்சார பகுதிகளான நேர், எதிர் சிந்தனைக்கு பிறகு பிராங்கிளின் லேடன் குடுவை எப்படி வேலை செய்கிறது என்பதை விளக்கினார்.

மின்சாரத்தை பற்றிய முதல் தத்துவ விளக்கம் தயாரித்தால் லேடன் குடுவை எப்படி வேலை செய்கிறது என்பதை எளிதாக விளக்க முடியும்.



# நேர் மின்னூட்டம் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டம் (தொடர்ச்சி)

ஒரு சாதாரண கோலை (ஒரே பொருளால் ஆனது) உரசினால் அது நேர், எதிர் மின்சக்தியை பெறும். மின்சக்தி ஏற ஏற மேலும் அதை ஏற்றுவது கடினமாகிறது. ஒரு சமயத்தில் அது மேலும் மின்சாரத்தை ஏற்காது. லேடன் குடுவையின் கண்ணாடியின் ஒரு பக்கம் உலோக பூச்சு எதிர் மின்சாரமாகவும் மறுபக்கம் நேர் மின்சாரமாகவும் இருந்தது. இரண்டுக்கும் நடுவில் இருந்த கண்ணாடி அவை ஒன்றையொன்று தொட்டு மின்சாரத்தை இழப்பதை தடுத்தது. ஆனால், நேர்மின் உலோக பூச்சு எதிர்மின் உலோக பூச்சை ஈர்த்துக் கொண்டே இருந்தது. இதனால் ஒரே மாதிரி துருவ மின்சாரம் கொண்ட பொருளை விட இந்த மின்சாரம் அதிகமாய் இருந்தது. சரி லேடன் குடுவை மின்சாரம் இழக்கும் போது ஒரு பொறியும் சிறிய வெடிப்பு சத்தமும் ஏன் வந்தது?



மழையின் போது மேகத்தில் ஏற்படும் மின்னலை பிராங்கிளினுக்கு அது ஞாபகப்படுத்தியது. நிஜமான மின்னலும் இடியும் எப்படி ஏற்பட்டன? மேகங்கள் எதிர் மின்சாரத்தை சேர்த்து கொண்டனவா? பூமி ஒரு பெரிய லேடன் குடுவை போல இயங்கியதோ? மேகங்களின் எதிர்

மின்சாரம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அதிகரித்தது. பூமியின் நேர் மின்சாரமும் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அதிகரித்தது. நடுவில் காற்று மின்சாரத்தை கடத்தாத அரிதில் கடத்தி. ஓர் அளவுக்கு மேல் மேகத்தில் மின்சார சக்தி ஏறினால் அது காற்றின் தடுப்பை மீறி மின்சாரத்தை வெளிப்படுத்தும். வெளிப்படும்போது ஒரு பெரிய சத்தமும் பொறியும் தோன்றும். பொறியை நாம் “மின்னல்” என்கிறோம், சத்தத்தை “இடி” என்கிறோம்.

மின்சாரம் வெளிப்படும்முன் சேர்ந்துவிடும் மின்சார சக்தி மிக அதிகமானது. அதனால் தான் பெரிய சத்தமும் பெரிய மின்னலும் ஏற்படுகின்றன. ஒரு வீடு அந்த சக்தியை சேமித்து வெளிப்படுத்தினால் அந்த வெப்பம் வீட்டை எரித்து விடும் ஒரு மனிதனிடம் சேகரித்து வெளிப்படுத்தினால் வெளிப்படும்போது அந்த மனிதன் மரணமடையலாம். பிராங்கிளின் இதை சோதிக்க விரும்பினார். 1752-ஆம் வருடம் மின்னல் மழையின் போது ஒரு காற்றாடியை பறக்க விட்டு இதை சோதித்தார். காற்றாடியின் மரப்பகுதியுடன் கூர்முனைக் கொண்ட ஒரு உலோக கோலை கட்டினார். உலோக கோலில் நீளமான நூலை கட்டினார். காற்றாடியின் நூலுடன் சிறு கயிறை கட்டினார். அந்த கயிற்றின் நுனியில் ஒரு உலோக சாவியை மாட்டினார். அவர் எண்ணம் என்ன? மேகத்தில் மின்சாரம் இருந்தால் அது காற்றாடியில் உள்ள உலோக கோலில் வந்து பாயும்.


பிராங்கிளினின் காற்றாடி பரிசோதனை

அது நனைத்த நூல் வழியாக





சென்று கயிறை அடையும். அதிலிருந்து உலோக சாவிக்கு பாயும். பிராங்கிளின் மின்சாரத்தால் அதிர்ச்சி ஏற்படாமல் தன்னை காத்துக் கொள்ள ஒரு பட்டு நூலை காற்றாடியின் கயிற்றில் கட்டி அந்த பட்டு நூலை கையில் பிடித்துக் கொண்டார். பட்டு நூல் நனையாமல் காய்ந்து இருக்கும் வரை மின்சாரம் அதில் பாயாது. ஒரு கூரைக்கு கீழே நின்று காற்றாடியை பறக்கவிட்டார். (மின்னல், இடி, மழை சமயத்தில் காற்றாடியை பறக்கவிடுவது மிகவும் ஆபத்தானது. பலர் இதனால் மரணம் அடைந்திருக்கிறார்கள் அதனால் இது மாதிரி சோதனைகளை செய்யக்கூடாது.) மழை மேகங்கள் திரண்டன. சிறிது நேரத்தில் கயிற்றின் இழைகள் தனித்தனியாக ஒன்றை ஒன்று பிரியச் செய்தன. அவைகள் எல்லாம் ஒரே வகை மின்சார சக்தியை பெற்றது போல் பிரிந்தன. வெகு கவனமாக பிராங்கிளின் தன் விரலை உலோக சாவிக்கு பக்கம் வைத்தார். ஒரு பொறி வந்தது. அவர் விரலும் குறுகுறுத்தது. மின்சாரம் இல்லாத ஒரு லேடன் குடுவையை பிராங்கிளின் கொண்டு வந்திருந்தார் லேடன் குடுவையின் உலோக கோலினால் பிராங்கிளின் காற்றாடியின் நுனியில் இருந்த உலோக சாவியை தொட்டார். லேடன் குடுவையில் மின்சாரம் பாய்ந்து இருந்தது. மின்சாரம் பாய்ந்த கண்ணாடிக் கோலினால் ஏற்பட்டது போலவே மின்சாரம் பாய்ந்து இருந்தது. மின்னல் ஒரு மின்சார பொறி என்பதை ப்ராங்கலின் நிரூபித்துவிட்டார். சோதனை சாலையில் மின்சாரமும் மின்னலின் மின்சாரமும் ஒரு வகை மின்சாரம் தான் என்பதும் தெரிந்துவிட்டது. 1747-ஆம் வருடம் ஆராய்ச்சி செய்த முதல் லேடன் குடுவை பிராங்கிளினிடம் இருந்தது. அதில் தட்டையான பித்தளை கோலை விட்டுவிட்டு ஒரு கூர் நுனி கொண்ட கோலை உபயோகித்தார். கூர் நுனி மின்சாரத்தை மேலும் எளிதாக வெளியேற்றியது. கூர் நுனி உலோக கோல் வெகு சீக்கிரம் மின்சாரத்தை வெளியேற்றியது இதனால் மின்சாரத்தை

ஏற்றுவது கஷ்டமாக ஆயிற்று. லேடன் குடுவையில் மின்சாரத்தை பாய்ச்சினாலும் ஊசி முனை உலோக கம்பி வெகு விரைவாக அதை வெளியே செல்ல விட்டது.

பிராங்கிளின் மேகமும் பூமியும் மின்னல் இடியின் போது ஒரு பெரிய லேடன் குடுவை போல நடக்கின்றன என்று அறிந்துக் கொண்டார். அதனால் கூர்முனைக்கொண்ட உலோக கோல் மூலம் மேகம் பூமிக்கு மின்சாரத்தை வெளியேற்ற முடியும். ஒரு வீட்டின் கூரை மேல் கூர்முனை உலோக கோலும் அதிலிருந்து வந்த கம்பிகள் பூமிக்கும் கட்டி வைத்தால் என்ன நடக்கும்? கூர்முனை உலோகம் மின்சாரத்தை கம்பிகள் வழியாக பூமிக்கு வெகு எளிதில் கடத்திவிடும். வீடும் அதைச்சுற்றி இருக்கும் இடமும் அதிக அளவு மின்சாரம் சேகரிக்க முடியாது. உலோக ஊசிமுனை அதை எளிதாக கடத்தி ஒரு பெரிய மின்னல், இடி இவைகளுக்கு தேவையில்லாமல் செய்து விடும். அதாவது அந்த வீட்டை மின்னல், இடி மின்சாரம் தாக்க முடியாது. இந்த கண்டுபிடிப்பை 1753-ஆம் வருடம் பிராங்கிளின் தமது காற்றாடி சோதனைக்கு பிறகு அறி-வித்தார். வீட்டை மின்னல், இடி தாக்காமல் பாதுகாக்க “இடிதாங்கி” அமைக்கும் முறையை எல்லோருக்கும் விளக்கினார்.

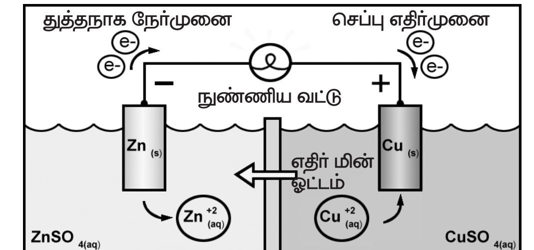
அமெரிக்காவிலும், ஐரோப்பாவிலும் மக்கள் தங்கள் கட்டிடங்கள் மேல் “இடிதாங்கி” அமைக்க ஆரம்பித்தார்கள். இதனால் மின்சாரம் பற்றிய அறிவு முதன்முறையாக மக்களுக்கு ஏற்பட்டது. இந்த கண்டுபிடிப்பால் முதன்முறையாக மின்சாரம் மக்கள் பயன்பாட்டுக்கு கொண்டுவரப்பட்டது.



# பேட்டரிகள் (மின்கலன்கள்) மற்றும் ஜெனரேட்டர்கள் (மின் உற்பத்தி இயந்திரங்கள்)

மின்சார சோதனைகள் 1771-ஆம் வருடம் ஒரு புது திருப்பு முனையை அடைந்தன. லுய்கி கால்வானி என்ற இத்தாலிய உயிரியல் ஆராய்ச்சியாளர் லேடன் குடுவைகளுடன் ஆராய்ச்சி செய்து வந்தார். அவர் உயிரியல் ஆராய்ச்சியில் சில தவளைகளின் கால்களுடனும் ஆராய்ச்சி செய்து வந்தார். இவைகளுக்கும் மின்சாரத்துக்கும் ஏதும் தொடர்பு இல்லையென்றாலும் என்ன நடந்தது? லேடன் குடுவையிலிருந்து ஒரு மின்பொறி ஒரு தவளையின் காலை தாக்கியது. தாக்கியதும் அந்த தவளையின் கால் துடித்தது. கால்வானி ஆச்சரியப்பட்டார். உயிருள்ள தசைகள் மட்டுமே இவ்வாறு துடிக்கும். மின்பொறி உயிரற்ற தசைகள் உயிருள்ளது போல் நடக்க வைத்தது. மின்சாரத்துக்கும் உயிருக்கும் ஏதாவது தொடர்பு இருக்குமா? மின்னல் ஒரு பெரிய மின்சார பொறி என்று பிராங்கிளின் சோதனை-யிலிருந்து கால்வானி அறிந்திருந்தார்.

இடி, மின்னல் போது சில தவளைகளின் கால்களை ஜன்னலுக்கு வெளியே வைத்தால் என்ன நடக்கும்? இடி, மின்னல், மின்சாரம், காற்றிலும், பூமியிலும் பரவும் போது உயிரில்லா தசை துடிக்குமா? சில தவளைகளின் கால்களை ஒரு பித்தளை கொக்கியில் மாட்டி வெளியில் வைத்தார். அதை ஒரு இரும்பு சட்டத்தின் மேல் வைத்தார் இடி, மின்னல் போது அந்த உயிரில்லா தவளைகளின் கால்கள் துடித்தன. சில நேரம் தொடர்ந்து துடித்தன. இடி, மின்னல் இல்லாத சமயத்தில் வானிலை அமைதியாக இருந்த போது மறுபடியும்



சோதனை செய்தார். இடி, மின்னல் இல்லாவிட்டாலும் தவளைகளின் கால்கள் துடித்தன. வேறு விதமான இரண்டு உலோகங்களுடன் அவைகள் தொடர்பு கொண்டதால் அவை துடித்தன. பித்தளை, இரும்பு போன்ற வெவ்வேறு உலோகங்களின் தொடர்பு ஒரே சமயத்தில் இதை செய்தன. மின்சாரத்துக்கும், உயிருக்கும் ஒரு தொடர்பு இருக்க வேண்டும் என்று கால்வானி தீர்மானித்தார். உயிருள்ளவைகள் மின்சாரம் நிரம்பியவையாக இருக்கின்றன. இந்த உயிருள்ளவைகளின் மின்சாரம் உயிர் போன உடனே எல்லாமே போய்விடுவதில்லை. அதனால் உயிர் போன பிறகும் வெவ்வேறு உலோகங்களை தொட்டால் தசைகள் துடிக்கின்றன.

அலஸந்தோரோ வோல்டா என்ற மற்றொரு இத்தாலிய விஞ்ஞானி இந்த தசை துடிப்பை பற்றி சிந்தித்தார். மின்சாரத்தில் பல சோதனைகளை அவர் செய்திருந்தார். தசைகளில் மின்சாரம் என்பதை அவர் நம்பவில்லை. இரு வெவ்வேறு உலோகங்களை தொட்டபோது மின்சாரம் உலோகத்தின் மூலம் வந்தது தசைகளிலிருந்து வரவில்லை என்று எண்ணினார். இது சரியென்றால் மின்சாரம் இரு வெவ்வேறு உலோகங்களை கொண்டு செய்ய முடியும். தசைகள் தேவையில்லை. இரு வெவ்வேறு உலோகங்களிடையே தசைக்கு பதிலாக ஒரு ஈரமான அட்டை வைத்தால் என்ன நடக்கும்? 1794 ஆம் வருடம் வோல்டா மின்சாரத்தை உரசல், தசைகள் இன்றி உற்பத்திசெய்ய முடியும் என்று நிரூபித்தார். இரு வெவ்வேறு உலோக தகடுகளை உப்பு தண்ணீரில் வைத்தால் உப்பு தண்ணீர் ஒரு எளிதில் கடத்தி என்பதால் அவை ரசாயன மாற்றம் அடைந்துவிடும். இந்த ரசாயன மாற்றம் மின்சாரத்தை எப்படியோ உட்கொண்ட மாற்றம் ஒரு உலோக தகடு நேர் மின்னூட்டத்தையும் மற்ற தகடு எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பெறும். இதை பெரிய அளவில் செய்ய வோல்டா விரும்பினார். 1800 ஆம் வருடம் அதிக எண்ணிக்கை உப்பு கலங்களை அவர் தயாரித்தார். ஒரு செம்பு கம்பியை வளைத்து ஒரு கலத்தையும் மறு கலத்தையும் இணைக்கும் வகையில் செய்து





அடுத்த கலத்தை ஒரு வெள்ளீய தகடால் இணைத்தார். எல்லா உப்பு நீர் கலங்களும் மாறி இவ்வாறு மாற்றி மாற்றி செப்பு கம்பியினால் வெள்ளீயம் கம்பிகளால் இணைக்கப்பட்டன. எல்லா செம்பு கம்பிகள் பாஸிடிவ் (நேர்மறை மின்சாரத்தையும்) எல்லா வெள்ளீய கம்பிகள் நெகடிவ் (எதிர்மறை மின்சாரத்தையும்) பெற்றன.

இந்த கம்பிகளின் மின்சாரம் ஒன்றோடு ஒன்று சேர்ந்து அதிக அளவு மின்சாரமாய் ஆயின. அதாவது ஒரு குடுவை மின்சாரத்தை விட பல மடங்கு அதிக மின்சாரம் அங்கு உற்பத்தி ஆகியது. கடைசியாக வோல்டா ஒரு முனையில் வெள்ளீயத் தகடையும் ஒரு முனையில் செப்புத் தகடையும் இன்னொரு உலோக கம்பியால் இணைத்தார். ஒரு முனையிலிருந்து குறைவான மின்சாரம் உள்ள மறு முனைக்கு உலோக கம்பி வழியாக மின்சாரம் சென்றது. வெள்ளீயம், செப்பு இவைகள் உப்பு தண்ணீரில் ரசாயன மாற்றம் அடைவது தொடர்ந்தது. இதனால் இந்த ரசாயன மாற்றம் நிகழும் வரை மின்சாரம் ஒரு முனை நேர்மறை பக்கத்திலிருந்து மறு முனை எதிர்மறை பக்கத்துக்கு சென்று கொண்டே இருந்தது. ஒரே மாதிரி பல பொருட்களின் வரிசையை ஆங்கிலத்தில் "பேட்டரி" என்பார்கள். வோல்டா வரிசையாக பல உப்பு நீர் கலங்களையும் வெள்ளீய செப்பு தகடுகளையும் வைத்து மின்சாரம் செய்ததால் அதற்கு "மின்சார பேட்டரி" என்று பெயரிட்டார்.



அலஸந்தோரோ வோல்டாவும் அவரின் முதல் பேட்டரியும்

வோல்டா முதல் பேட்டரியை கண்டுபிடித்தவர் ஆனார். வோல்டா காலத்துக்குமுன் மின்சாரம் தங்கிய மின்சாரமாகதான் இருந்தது. நிலையான மின்சாரம் வோல்டாவின் பேட்டரியில் உற்பத்தி ஆகியது. வெகு நேரம் கம்பியில் ஓடியது. இதை

"கரண்ட்" (மின்னோட்டம்) என்று பெயரிட்டனர். உடனே இந்த மின் ஓட்டத்தை பல சோதனைகளில் ஈடுபடுத்தினார்கள். புது வகையிலும் சிறப்பாக செயல்படும் பேட்டரிகள் தயாரிக்கப்பட்டன. ரசாயன மாற்றம் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் அதே வகையில் மின்சாரம் ரசாயன மாற்றத்தையும் செய்ய முடியும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

வோல்டா பேட்டரி செய்த அதே 1800-ஆம் வருடம் வில்லியம் நிக்கல்ஸன் என்ற ஆங்கிலேயர் மின்சாரத்தை உபயோகித்து தண்ணீரை ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் வாயுக்களாக பிரித்தார். தண்ணீர் என்பது ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் இவைகளின் ரசாயன கலவை என்று தெரியவந்தது. 1807-ஆம் வருடம் ஹம்பரி டேவி மின்சார ஓட்டத்தை உபயோகித்து சில பெருங்கற்களை உடைத்தார். அதிலிருந்து அதுவரை தெரியாத புது உலோகங்கள் அறியப்பட்டன.

1819-ஆம் வருடம் டென்மார்க் விஞ்ஞானி ஹான்ஸ் கிறிஸ்டியன் ஆர்ஸ்டெட் மின்சாரம் பாயும் கம்பி காந்த தன்மையை அடைகிறது என்று கண்டுபிடித்தார். மின்சாரமும் காந்த சக்தியும் ஏதோ ஒரு விதத்தில் சம்பந்தப்பட்டிருந்தன. உடனே ஆராய்ச்சியாளர்கள் இதை ஆராய ஆரம்பித்தனர் 1829 ஆம் வருடம் அமெரிக்க விஞ் ஞானி ஜோஸப் ஹென்றி மின்சாரம் பாயும் கம்பியை சுருள் சுருளாக சுற்றினால் காந்த சக்தி வெகு அதிகமாக வெளிப்படுகிறது என்று கண்டுபிடித்தார். சுருளின் ஒவ்வொரு கம்பியும் அடுத்த சுருளின் மின்சக்தி காந்த சக்தியை அதிகரித்தது. ஆனால் மின்சாரம் ஒரு சுருளில் இருந்து மற்றொரு சுருளுக்கு தாவுவதை தடுக்க சுருள்களை பட்டுநூல் கொண்டு சுற்ற வேண்டும். இவ்வாறு செய்தால் மின்சாரம் சுருள் கம்பியின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைவரை கம்பி வழியாகவே செல்லும்.கம்பி சுருள்களை ஒரு இரும்பின் மேல் சுற்றினால் காந்த சக்தி மேலும் அதிகரித்தது. சாதாரண காந்தங்களை விட வெகு வலுவானதாக அது விளங்கியது.





இந்த 'மின்காந்தம்' காந்த சக்தியை பெறவும், இழக்கவும் வெகு சுலபமாக பேட்டரியிலிருந்து வந்த கம்பியை இணைப்பதும் கழட்டிவிடுவதுமே போதும். இணைத்தால் காந்த சக்தி வந்தது. இணைப்பை நீக்கினால் காந்த சக்தி போய்விட்டது. இதை உபயோகித்து ஹென்றி ஒரு டன் எடை இரும்பை ஒரு சிறிய மின் காந்தச் சுருளை கொண்டு தூக்கி காண்பித்தார். அந்த இரும்பை எங்கு வேண்டுமோ அங்கே எடுத்து நகர்த்தி வைக்க முடியும். மைக்கல் பாரடே என்ற ஆங்கில விஞ்ஞானி மின்சாரம் காந்த சக்தியை ஏற்படுத்தியது மாதிரியே காந்த சக்தியும் மின்சாரத்தை செய்ய முடியும் என்று காண்பித்தார். ஒரு காந்த தகடு அருகே ஒரு செப்பு தகடை சுற்றி சுற்றி வரச்செய்தால் செப்பில் மின்சாரம் வந்தது.

இந்த செப்பு தகடை தொடர்ந்து சுற்றுவதற்கு ஒரு நீராவி என்ஜின் உபயோகித்தால் நீராவி என்ஜின் ஓடும் வரை செப்பு தகடு மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் பாரடே இந்த முறையில் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்தார். மின்சார உற்பத்தி இயந்திரம் அல்லது மின்சார ஜெனரேட்டர். என்று அது பெயரிடப்பட்டது. பேட்டரிக்கு வெள்ளீயம், செப்பு, துத்தநாகம் என்ற உலோகங்கள் தேவைப்பட்டன. அவைகள் ரசாயன மாற்றத்தில் கரைந்தன. ஆனால் மின்சார ஜெனரேட்டர் நிலக்கரி கொண்டு வெப்பம் தயாரித்து நீராவி என்ஜின் மட்டும் ஓட்டினால் போதும் என்ற முறையில் விலை குறைந்த மின்சாரம் கொடுத்தது. பாரடே கண்டுபிடிப்பு மூலம் விலை குறைந்த மின்சாரம் தயாரித்து மக்கள் உபயோகிப்பது சாத்தியம் ஆயிற்று. அதே வருடம் ஜோஸப் ஹென்றி பாரடேயின் கண்டுபிடிப்பை திரும்பி உபயோகித்தார். அதாவது மின்சாரம் செப்பு தகடு சுற்றுவதனால் உற்பத்தியினால் மின்சாரம் ஒரு தகடு அல்லது சக்கரத்தை சுற்ற முடியும் என்று காண்பித்தார்.

மின்சாரம் ஒரு சக்கரத்தை சுற்ற முடியும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அது மின்சார மோட்டர் என்று அழைக்கப்பட்டது. மின்சார மோட்டரை ஒரு நொடியில் ஓடச் செய்யவும் ஒரு நொடியில் நிற்கச் செய்யவும் முடிந்தது.

சிறிய மின்சார மோட்டர்கள் சிறு பொருள்களையும் நகர்த்த உதவியது. அதை தொடர்ச்சியாகச் செய்யவும் முடிந்தது. அதுவரை மிருகங்கள், மனிதர்களின் தசைகளை உபயோகித்து செய்த வேலைகளை மின்சாரத்தால் செய்ய முடியும் என்று அறியப்பட்டது. கண்டுபிடிப்பாளர்கள் மின்சாரத்தை உபயோகித்து ஆச்சர்யமான செயல்களை செய்ய முயன்றனர். சாமுவேல் மோர்ஸ் என்ற அமெரிக்க கண்டுப்பிடிப்பாளர் 1844-ஆம் வருடம், தந்தி (Telegraph) என்ற கருவியை முதன் முதலில் செய்தார். மின்சாரத்தை ஒரு நீளமான கம்பியில் செலுத்தியும் நிறுத்தியும் சிறிதாகவும் பெரிதாகவும் புள்ளி-கோடு என்ற முறையில் அனுப்பினார். ஒவ்வொரு ஆங்கில எழுத்துக்கும் வெறுவேறு புள்ளி கோடுகளை கொடுத்தார்.

மோர்ஸ்-ன் இந்த கண்டுபிடிப்பால் ‘சங்கேத தொகுப்பு’ செய்திகளை வெகு தொலைவு இடங்களுக்கு மின்வேகத்தில் செலுத்த உதவியது. அதாவது ஒரு நொடியில் 3,00,000 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் டெலிகிரப் செய்தி நியூயார்க் நகரில் இருந்து சான்பிரான்சிஸ்கோ நகருக்கு 1/60 நொடியில் சென்றது. 1876 ஆம் வருடம் இன்னொரு ஸ்காட்லாந்து அமெரிக்க கண்டுபிடிப்பாளர் அலெக்ஸாந்தர் கிரகாம்பெல் மின்சாரப் பாய்ச்சல் குறைவுச் சக்தியாகவும் மிகை சக்தியாகவும் மாற்றுவதன் மூலம் ஒலி அலைகளை உண்டாக்கினார். தொலைபேசி (Telephone) இப்படித் தான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. 1879 ஆம் வருடம் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் என்ற அமெரிக்க கண்டுபிடிப்பாளர் ஒரு வெற்று கண்ணாடிக் குடுவையில் ஒரு கார்பன் இழையில் மின்சாரத்தை செலுத்தி அதை ஜொலிக்க செய்தார். மின்சாரம் அந்த கார்பன் இழையை சூடேற்றி வெண்மையாக பிரகாசிக்கும் நிலைக்கு கொண்டுவந்தார். காற்று இல்லாத குடுவை என்பதால், அந்த இழை பிரகாசித்துக்கொண்டே இருந்தது.

இப்படியாக எடிஸன் மின்சார விளக்கை கண்டுபிடித்தார். மேலும் பல கண்டுபிடிப்புகள் தொடர்ந்தன. இக்காலத்தில் நாம் எல்லோரும் மின்சாரத்தை சாதாரணமாக





| | | | |
|---|---|---|---|
| A | • — | U | • • — |
| B | — • • • | V | • • — |
| C | — • — • | W | • — — |
| D | — • • | X | — • • — |
| E | • | Y | — • — — |
| F | • • — • | Z | — — • • |
| G | — — • | | |
| H | • • • • | | |
| I | • • | | |
| J | • — — — | | |
| K | — • — | 1 | • — — — — |
| L | • — • • | 2 | • • — — — |
| M | — — | 3 | • • • — — |
| N | — • | 4 | • • • • — |
| O | — — — | 5 | • • • • • |
| P | • — — • | 6 | — • • • • |
| Q | — — • — | 7 | — — • • • |
| R | • — • | 8 | — — — • • |
| S | • • • | 9 | — — — — • |
| T | — | 0 | — — — — — |

மோரிஸ்–ன் குறியீடு (தந்தி)

உபயோகிக்கிறோம் சமையல் செய்ய, சூடாக்க, குளிர வைக்க, உறைய வைக்க, வெளிச்சம் போட எல்லாவற்றுக்கும் உபயோகிக்கிறோம். இசைத்தட்டு, பிளேயர் நம் வானொலி, டெலிவிஷன் எல்லாவற்றையும் மின்சாரம் இயக்குகிறது. மின்சார ரொட்டி சுடுதல், மின்சார காற்றாலையினால் காற்று வாங்குதல் என்று பல பல வேலைகளுக்கு மின்சாரம் பயன்படுகிறது. இந்த வரிசை நீண்டு கொண்டே போகிறது. இதனால் நம் வாழ்க்கை நம் முன்னோர் வாழ்ந்த விதத்தில் இருந்து வெகுவாக மாறி-விட்டது. நூற்றாண்டுகளாக பல மனிதர்கள் பொருட்கள் எப்படி, ஏன் செயல்படுகின்றன என்று எண்ணி அதற்கு விடை காண முயற்சி செய்ததால் தான் இன்று இந்த அதிசயங்கள் நமக்கு சாதாரணமாக கிடைக்கின்றன.